动 物 学 研 究 1993，14 (4)：319—325
Zoological Research

ISSN 0254-5853
CN 53-1040 / Q

环境因子对荒漠沙蜥种群密度影响的研究*

刘迺发 李仁德 孙红英
(兰州大学生物系 730000)

摘要 本文研究人类改造荒漠的活动、植被、潜在的可利用的食物资源、竞争种的密度、土壤理化性质等环境因子对荒漠沙蜥(*Phrynocephalus przewalskii*)种群密度的影响。结果说明：人类的活动对沙蜥种群密度没有显著影响；决定沙蜥种群密度的主导因子是潜在的可利用的食物资源、植被、土壤含水量、竞争种的密度。这些因子的任何改变都能改变沙蜥的种群密度，均具有调节种群的作用。

关键词：改造荒漠，环境因子，荒漠沙蜥，种群密度，影响

Thompson(1929)首先提出了"许多环境因子可以调节种群"，其后研究种群调节的工作虽然不少，但在同质条件下同时研究多种因子对种群密度影响的工作很少。本文研究人类改造荒漠的活动、植被、食物资源，竞争种的密度、土壤的理化性质对栖息于荒漠环境的荒漠沙蜥(*Phrynocephalus przewalskii*) 种群密度的影响，探讨环境因子对荒漠沙蜥种群调节的作用。

荒漠沙蜥是一种古老的、长期适应荒漠环境的蜥蜴。卵生，靠太阳辐射热加热沙土孵卵，与土壤理化性质关系密切。肉食性，主要以木虱(*Trioza* spp.)，蚁(Formicidae)，漠甲(*Sternoplax* spp.)，舟蛾(Notodontidae)，蜘蛛(Araneida)，蜱(Acarina)等小型无脊椎动物为食。

工作地点和方法

1. 工作地点 工作在甘肃民勤治沙实验站进行。该站位于腾格里沙漠西南缘，东经 103°06′，北纬 38°38′，海拔高度 1378 m。气候为典型的干旱荒漠气候。这里已有 30 余年人工改造开发荒漠的历史，人工营造的灌木、乔木林已形成了人工植物群落。自然植物群落有固定、半固定和流动沙丘植物群落。这一地区是进行动物生态对照研究的良好实验基地，尤其研究荒漠蜥蜴生态更为理想。

2. 工作方法 样地于 1989 年 4 月选定，其它环境因子和沙蜥的数量于同年 5—6 月 12 日完成。这期间冬眠的蜥蜴全部出蜇，新生个体还没有产生，蜥蜴的数量相对稳

* 国家自然科学基金资助项目。

本文 1992 年 4 月 4 日收到，同年 7 月 7 日修回。

定。

(1) 样地选择　未受人类干扰的自然环境选择5个样地，人工环境选择6个样地。所有样地均以测绳丈量，每10 m用木桩标志，作为永久样地使用。

1号样地，自然白刺(*Nitraria tangutorum*)−沙蒿(*Artemisia arenaria*)−沙米(*Agriophyllum squarrosum*)群落，面积1.0 hm^2；2号样地，人工梭梭(*Haloxylon ammodendron*)林群落，0.6 hm^2；3号样地，人工宁条(*Caragana korshinskii*)−花棒(*Hedysarum scoparium*)群落，0.7 hm^2；4号样地，人工梭梭−白刺−芦苇(*Phragmites australis*)群落，1.0 hm^2；5号样地，自然白刺−沙蒿−梭梭群落，0.36 hm^2；6号样地，人工红柳(*Tamarix ramosissima*)−芦苇群落，0.48 hm^2；7号样地，人工梭梭−沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)群落，0.8 hm^2；8号样地，自然白刺−红柳群落，0.48 hm^2；9号样地，自然白刺−虫实(*Corispermum patelliforme*)群落，1.0 hm^2；10号样地，人工花棒−宁条−黄华(*Thermopsis schischkinii*)群落，0.5 hm^2；11号样地，自然白刺−甘草(*Glycyrrhiza ulalensis*)群落，0.64 hm^2。

(2) 环境因子的调查　调查的环境因子包括植被、潜在的可利用的食物资源、土壤的理化性质、竞争种的种群密度。

调查了植被覆盖度、植物密度、高度、种数和多样性。这些内容以植物群落调查的方法进行，小样地面积4×4 m^2。以椭圆形面积$S=1/4\pi\cdot a\cdot b$计算植被覆盖面积，式中a和b分别是椭圆的长轴和短轴。

荒漠沙蜥是昼行性动物，因而潜在的可利用的食物资源只调查了白天活动的小型无脊椎动物。在样地内随机选取若干4×4 m^2的小样地，地面的和15 cm深土壤中的小型无脊椎动物均收集、鉴定和记数。调查的小型无脊椎动物百分之百的种类存在于沙蜥同期的食物中。

土壤理化性质，本文只选择了土壤含水量和pH值。在样地对角线上取地表到15 cm深的土样，在实验室内以土壤学分析方法测定含水量和pH值。

工作地区共有4种昼间活动的蜥蜴生活在一起，除荒漠沙蜥外，另有荒漠麻蜥(*Eremias przewalskii*)，密点麻蜥(*Eremias multiocellata*)和虫纹麻蜥(*Eremias verticulata*)。它们虽与沙蜥隶属不同的科，但在食物上互相竞争。本文在统计荒漠沙蜥的同时也统计了这3种蜥蜴的数量。

(3) 蜥蜴数量统计　在晴天按样地的方格进行统计。5—6月晴天蜥蜴有两个活动高峰，上午10:00—12:30，下午16:00—18:00，下午的峰值较低，不能反应真实的数量，本文只取上午最高峰值。每样地调查15—17次，最后取平均数作为蜥蜴的数量。

植物、潜在食物资源的多样性以$H'=-\sum_{1}^{s}Pi\cdot \mathrm{Loge}Pi$计算，式中Pi为i种植物或食物种类在样地中占的比例，S为种数。

样地、环境因子和蜥蜴数量调查的结果见表1。

表1　样地环境因子及蜥蜴数量

Tab. 1　The investigated results of enviromental factors and density of lizards

样地	面积(hm²)	环境	植物					食物			土壤		蜥蜴的数量(只／hm²)	
			覆盖度(%)	密度(株／m²)	高度(cm)	多样性	种数	密度(只／10m²)	多样性	种数	pH	含水量(%)	荒漠沙蜥	竞争种
1	1.00	N*	12.54±5.77 (20)**	2.98±0.83	34.10±8.37 (161)	1.94	8	3.69±0.20 (18)	1.39	5	8.76	0.44±0.37 (5)	7.8±0.6 (15)	21.0±1.3
2	0.60	A	9.20±3.91 (15)	2.96±1.15	45.41±11.87 (175)	1.05	5	0.94±0.06 (12)	2.15	5	9.03	0.39±0.18 (5)	10.2±0.8 (17)	9.9±0.7
3	0.70	A	23.56±6.80 (15)	3.15±0.37	55.92±12.65 (113)	1.76	7	5.28±0.34 (15)	2.34	8	8.50	0.61±0.30 (5)	0.9±0.3 (16)	19.6±2.3
4	1.00	A	14.08±3.45 (18)	3.03±0.89	88.81±21.75 (107)	1.84	7	0.69±0.24 (15)	1.69	4	8.85	0.48±0.05 (5)	4.2±0.7 (15)	11.2±1.8
5	0.36	N	24.34±7.23 (15)	3.02±1.04	64.55±12.33 (91)	2.25	7	1.44±1.05 (15)	1.91	7	9.12	1.19±0.62 (5)	7.9±0.2 (17)	19.2±0.7
6	0.48	A	33.91±7.55 (15)	1.80±0.29	89.17±14.76 (117)	3.08	10	0.75±0.96 (15)	1.95	5	8.63	3.07±0.15 (5)	4.1±0.7 (16)	16.8±1.9
7	0.80	A	11.70±4.80 (20)	1.37±0.33	82.05±21.10 (89)	1.10	5	3.13±0.13 (18)	0.40	2	9.23	0.34±0.09 (5)	9.8±1.3 (15)	5.6±0.5
8	0.48	N	27.18±8.06 (16)	4.83±0.75	53.50±10.44 (126)	2.11	8	8.83±0.41 (15)	2.59	7	9.27	0.88±0.11 (5)	2.0±0.0 (15)	28.0±2.7
9	1.00	N	17.60±8.06 (20)	3.78±1.03	89.35±15.56 (104)	1.60	7	7.15±0.98 (18)	1.45	7	8.73	0.36±0.14 (5)	7.8±0.3 (17)	27.5±2.2
10	0.50	A	19.41±4.77 (15)	3.38±0.73	102.74±20.27 (143)	2.94	14	8.00±0.44 (15)	2.12	8	8.94	8.94±0.15 (5)	1.2±0.3 (15)	17.2±0.7
11	0.64	N	30.33±4.12 (16)	7.61±0.68	18.06±6.31 (121)	1.71	8	9.88±0.24 (16)	1.75	6	8.95	0.99±0.06 (5)	3.8±0.4 (15)	37.0±1.7

* N 代表自然环境　　A 人工环境　　** 样本量

结　果

1. 人类改造荒漠的作用　人工环境荒漠沙蜥种群密度平均 5.07／hm^2，自然环境的平均 5.86／hm^2，稍高于人工环境(见表 1)。两种环境荒漠沙蜥的种群密度差异不显著($t=0.5904$，$P>0.1$，$df=4$)，说明人类改造荒漠的活动对沙蜥种群密度没有明显影响。

2. 植被的作用　荒漠沙蜥种群密度与植被覆盖度、植物种数、多样性呈显著负相关(图 1)。植物覆盖度 9.2%—12.54%条件下荒漠沙蜥种群密度最高(见表 1 和图 1—A)。沙蜥的种群密度与植物密度呈不显著负相关($r=-0.3555$，$P>0.1$)，与植物高度几乎无关($r=-0.0165$ 见表 1)。

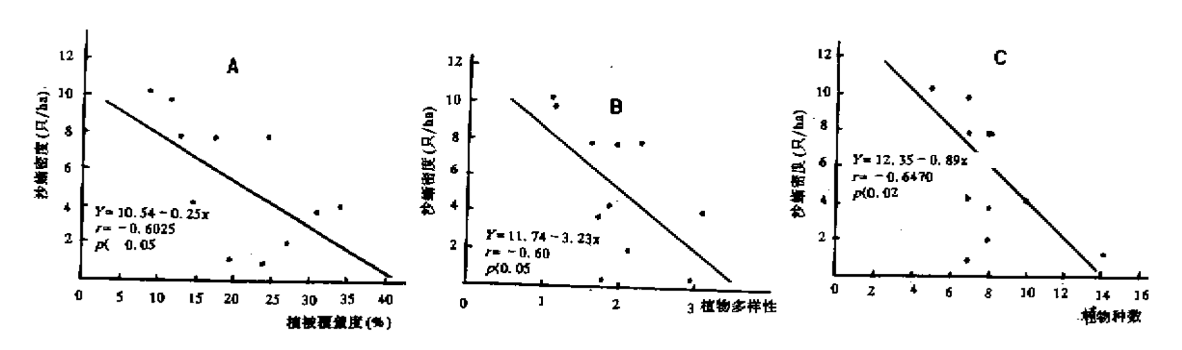


图 1　荒漠沙蜥种群密度与植被覆盖度(A)、植物多样性(B)和植物种数(C)的关系

Fig. 1　Relationship between population density of *P. przewalskii* and vegetation coverages(A), diversity(B) and species number(C) of plants

3. 潜在可利用的食物资源的作用　荒漠沙蜥的种群密度与潜在的食物资源种类、多样性呈显著负相关(图 2)。与食物密度接近显著负相关($r=-0.4805$，$P>0.05$ 见表 1)。

4. 竞争种的作用　　人工环境中，荒漠沙蜥种群密度与竞争种的密度呈显著负相关，自然环境中接近显著负相关(图 3)。

5. 土壤的作用　荒漠沙蜥种群密度与土壤含水量接近显著负相关($r=-0.4975$，$P>0.05$ 见表 1)，回归方程为 $Y=6.53-0.67X$。沙蜥集中分布于含水量 0.3%–1.0%的样地。依回归方程，含水量每增加 10%，蜥蜴数量下降 6.7 只，方程 Y 值为负值，环境中已经没有蜥蜴分布。这说明土壤含水量是沙蜥种群密度的限制因子。

荒漠沙蜥的种群密度与土壤 pH 值正相关($r=0.3062$，$P>0.1$ 见表 1)，相关虽不显著，但能说明碱性土壤对沙蜥有利。

综上，植被、潜在可利用的食物资源、竞争种、土壤含水量是决定荒漠沙蜥种群密度的主导因子，这些因子的任何改变都能影响沙蜥的种群密度，均具有调节种群的作用。

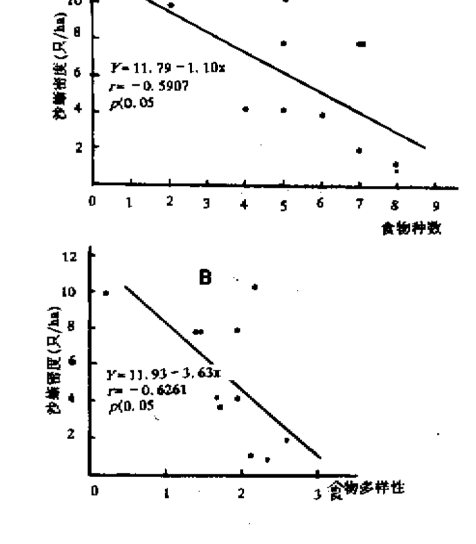


图2　荒漠沙蜥种群密度与潜在的食物资源种数(A)、多样性(B)的关系

Fig. 2　Relationship between population density of *Phrynocephalus przewalskii* and species number (A) and diversity (B) of food resources

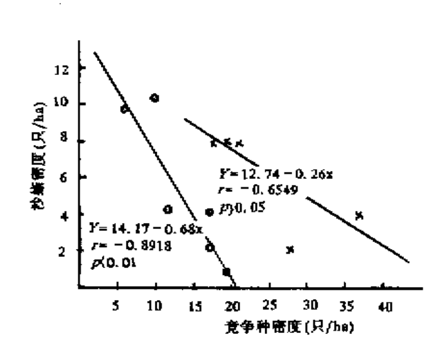


图3　人工环境中(O)和自然环境中(X)荒漠沙蜥种群密度与竞争种种群密度的关系

Fig. 3　Relationship between population density of *Phrynocephalus przewalskii* and population density of its competitive species in artificial environments (O) or natural environments (X)

讨　论

1. 食物调节理论　Lack(1954)认为食物是影响鸟类种群密度的决定性因子，在食物丰盛的地方鸟类的数量就多。其后支持这一学说的有 Kemp (1970) 研究的红松鼠(*Tamiasciurus hudsonicus*)。Thomas(1983)以在田间补加实验室用的食物的实验证实了食物是汤氏田鼠(*Eutamis townsendii*) 种群密度的限制因子。补加食物能吸引田鼠迁入，从而提高种群数量。刘迺发(1990)研究荒漠沙蜥同一地点的密点麻蜥(*Eremias multiocellata*) 的种群调节，也支持食物调节理论。

本文研究结果虽然也说明食物是荒漠沙蜥种群密度的决定性因子，但不是 Lack 所说的食物越丰盛动物数量越多，恰恰相反，随食物丰盛度的增加荒漠沙蜥的数量减少。如同荒漠沙蜥这种情况的还有高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)，这种草食性的动物越是退化的草場数量越多(施银柱，1983)。还有子午沙鼠(*Meriones meridianus*)和几种跳鼠(*Dipodidae*) 在荒漠地区植物越密的地方数量越少，尤其在农田(刘迺发，1990)。

上述代表着食物调节种群的两个不同的类型，涉及到种群调节机理的理论问题，需要讨论清楚。任何一种动物都生活在一个复杂的自然生态系统中，因生态位的分离，在

系统中每一种动物都生活于各自不同的空间，行使不同的功能。这不仅表现在生活习性上，而且表现于外部形态。沙蜥头宽圆而大，腿细长，尾较细，趾(指)纤细，具栉缘，不适于在植被盖度高、植株稠密的地方生活，因而种群密度与植物覆盖度、密度呈负相关。同一荒漠系统中密点麻蜥头尖，腿短粗，尾粗而长，适于在植物覆盖度高、植株稠密的地方活动，甚至在沙土下钻行，因而密点麻蜥种群密度与植被覆盖度，植物密度呈正相关(刘迺发，1990)。在任何生态系统中，除环境因子作用动物外，因子之间也相互影响。在荒漠生态系统中，蜥蜴可利用的潜在的食物密度随植物的密度增加而增加($r=0.7798$，$P<0.001$，参见表 1)。这样产生了荒漠生态系统中两种食物调节种群的类型，密点麻蜥种群密度随食物的丰盛度增加而增加，荒漠沙蜥的种群密度随食物丰盛度的增加而减少。荒漠沙蜥为获得足够维持种群的食物，则利用更大的领地*，而且行动敏捷，运动快速。

综上，食物是影响动物种群密度的决定性因子，但在复杂的生态系统中，因动物不同种类空间生态位的分离和环境因子对食物丰盛度的影响，一些种类的种群密度可能随食物丰盛度的增加而增加，另一些可能随其增加而减少。

2. 竞争调节理论 根据 Nicholson (1935) 的意见，调节种群密度的因素始终是竞争。Nicholson 的理论原于 Volterra (1926) 的种间竞争模型，从而使竞争调节种群的理论局限于近缘种之间。本文研究的结果和刘迺发(1990)的研究究结果支持 Nicholson 的竞争调节理论，但并不局限于近缘种。

致谢： 民勤治沙站给予协助。

参 考 文 献

刘迺发. 1990. 环境因子对密点麻蜥种群密度影响的研究. 蛇蛙研究，北京：中国林业出版社.1：133—137.

刘迺发，范华伟，敬凯等. 1990. 甘肃安西荒漠鼠类群落多样性研究. 兽类学报，**10**(3)：215—220.

施银柱. 1983. 草场植被影响高原鼠兔的探讨. 兽类学报，**3**(2)：181—187.

Kemp C A, L B Kieth. 1970. Dynamics and regulation of red squirrel (*Tomiasciurus hudsonicus*) population. *Ecology*, **51**: 763-779.

Lack D. 1954. The natural Regulation of Animal Number. Oxford: Clarendon Press, 343.

Nicholson A J, V A Bailey. 1935. The balance of animal population Part I, *Proc. Zool. Soc. Lond.*, **1935**(3): 551-598.

Thomas P S, D S Sullivan, C J Krebs. 1983. Demographic responses of a chipmunk (*Eutamis townsendii*) population with supplemental food. *J Anim. Ecol.*, **52**: 743-755.

Thompson W R. 1929. On natural control. Parasitol., **21**: 269-281.

Volterra Vito 1926. Variazioni e fluttuazioni del numero d' individui in species animali conviventi. *Mem. Acad. Lincei.*, **6**(2): 31-113.

---

* 作者有另文专题报道

THE EFFECTS OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON POPULATION DENSITY OF *Phrynocephalus przewalskii*

Liu Naifa Li Rende Sun Hongying
(*Department of Biology, Lanzhou University, Lanzhou* 730000)

There were many articles which revealed the regulation of animal populations, but there was not the article that in same condition researched into effects of many factors on density of population at same time. Our work was carried out in Minqin Experimental Station of Adminstering Desert from April to mid–June in 1989. In order to study that action administered desert by human, vegetation, potential available food resources, densities of competitive species and physical and chemical characters of soil affect population density of *Phrynocephalus przewalskii.*

The results showed that it was in significant that the action administered desert by human affects population density of *Phrynocephalus przewalskii.* The potential available food resources, vegetation, the moisture of soil, the densities of competitive species are determinate factors which affect population density of *Phrynocephalus przewalskii.* Because the changes of population density of *Phrynocephalus przewalskii* along with any changes of these factors, these factors all have the effects on regulating population.

Key words: Administered desert, Environmental factor, *Phrynocephalus przewalskii*, Population density, Effect